

Mine water as a source of thermal energy

Dmitriy Vybornov

Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation
Department, Donbas National Academy of Building and
Architecture, UKRAINE, Makeyevka, 2, Derzhavin Street,
E-mail: vubornov@mail.ru

The paper presents basic tendencies of heat generating industries development and proves that the use of alternative thermal energy sources as for today is the most preferable direction in reconstruction and thermal modification of existing both industrial and communal thermal energy consumers. It is considered as such as only complex approach based on the complete power audit of all building and engineering buildings and further detailed analysis of possible solutions makes it possible to choose the most economically reasonable variant.

The international and domestic thermal pump units markets were considered. The causes of origin of environment pollution by mine upcast water was presented. On the example of foreign mining enterprises the possibility of installation of geothermal pump equipment which uses thermal energy of the mine drainage was proven.

The fundamental thermal chart (Fig.1) of mine heat supply was worked out and offered. The possible thermal loading at the use of thermal pump was analysed. Certain features at planning of the thermal pumping unit which uses thermal energy of mine upcast waters were indicated. In the article there was put a question of the complex use of a thermal pump unit and a unit for mine water treating. A water processed by these units shall further supplied to the water pipe in the regions of Donbas in which the chemical composition and characteristics of mine water is acceptable for use.

There was made a conclusion in relation to development directions of such alternative thermal energy source as mine water. Moreover, there was suggested use of thermal pump in a warm period of year as an air-conditioning equipment for the administrative mine buildings. The article presents the ecological efficiency of thermal pump unit working due to the emission from the unburned organic hard fuel.

*Переклад виконано в Агенції перекладів PIO
www.pereklad.lviv.ua*

Шахтний водовідлив як джерело теплової енергії

Дмитро Выборнов

Кафедра Теплотехніки, теплогазопостачання та
вентиляції, Донбаська національна академія будівництва і
архітектури, УКРАЇНА, м.Макіївка, вул.Державіна, 2,
E-mail: vubornov@mail.ru

*Проаналізовано можливість та доцільність утилізації
теплоти шахтних скидних вод за допомогою
використання енергозберігаючих теплонасосних
технологій. Зроблено детальний огляд ринку теплових
насосів та оцінка потенціалу шахтного водовідливу з
метою його використання. Запропоновано
альтернативний спосіб теплозабезпечення підприємств
підземного видобутку вугілля шляхом використання
низькопотенційної теплоти шахтних вод за допомогою
теплонасосного встаткування. Розроблено принципову
теплову схему теплопостачання гірничовидобувного
підприємства з тепловим насосом. Проведено розрахунок
доцільності впровадження теплового насоса.
Установлено, що впровадження енергозберігаючої
технології надасть можливість поліпшити екологічне
становище навколишнього середовища шляхом
зменшення викидів від спалювання твердого палива,
утилізування теплових скидів гірничих підприємств та
заощадження паливно-енергетичних ресурсів.*

Ключові слова – шахтний водовідлив, тепловий насос,
скидні води, енергозбереження, есистема.

I. Вступ

Сьогодні, мабуть, буде зайвим приводити докази необхідності реорганізації економіки паливно-енергетичного сектора. Через неспинне подорожчання природних непоновлюваних паливно-енергетичних ресурсів з кожним днем стає усе гострішим питання про те, звідки брати енергію для вироблення теплоти та електрики. Одним з перспективних і найбільш вигідних рішень могла б стати популяризація використання атомної енергетики, однак, після аварії в Японії слід очікувати більш жорсткої критики на адресу «мирного атома» і жорсткості вимог до побудови та конструкції реакторів для потреб тепло- та електрогенерації. Це суттєво призупинить поширення атомної енергетики, незважаючи на всю обґрунтованість і вигідність такого шляху розвитку.

Однак існує ще ряд способів, що дозволяють генерувати теплову енергію та, в той же час, скоротити споживання традиційних природних паливних ресурсів. Одним з таких рішень є застосування теплонасосних установок (ТНУ). Спеціалісти з експлуатації теплонасосного обладнання затверджують, що використання геотермальних ТНУ, та ТНУ за принципом дії «вода – вода» більш економічно виправдане, оскільки температура землі або води має меншу амплітуду коливання, ніж, наприклад, температура зовнішнього повітря. В якості джерела тепла для більшості шахтарських містечок доцільно використовувати

шахтну воду, яку відкачують цілодобово та протягом усього року з постійними тепловими параметрами для збереження балансу водних басейнів як із діючих шахт, так і з шахт, які закриті через свою нерентабельність.

II. ТНУ як теплогенератор

Сьогодні можна сміливо стверджувати, що теплонасосні технології набули широкого визнання та поширення. Чітке лідерство у виробництві ТН лишається за Японією, а останнім часом ще й за Китаєм. У Європі найбільший виробник – «IVT Industrial AB» (Швеція), що випускає 20 тис. установок за рік. Відомі такі бренди як «Danfoss», Denso, DAIKIN та Sanyo. Серед Українських виробників відомі завод «РЕФМА» в Мелітополі та Ніжинський завод «Прогрес». Крім того, на ринку України працює кілька дилерських фірм: Аграф-Пром, ТМК Аквадом, Акваспецстрой, Апогей ГМБХ, В.Д. Е – Україна, Віссман, Еквивес сервіс, Синтек, Техномаш, Хала-Україна, які пропонують продукцію відомих європейських а також азіатських виробників [1].

На сьогодні є безліч прикладів успішної реалізації проектів використання теплової енергії шахтних вод з метою генерації тепла за допомогою ТН. У світі існує багато невеликих за своїм масштабом проектів, у яких тепло води із затоплених шахт використовується для обігріву одного-двох будинків (зокрема, у Німеччині, Франції, Англії) [2].

Наприклад, у Нідерландах, є шахтарське містечко Херлен, у якому, вода із шахти, що простояла затопленою близько тридцяти років, зараз обігриває близько 350 будинків, з яких більш 200 – житлові будинки. У п'ятьох різних місцях району, розташованого над мережею штолень, було пробурено п'ять свердловин глибиною до 700 м. Вода, що наповнює стару шахту на такій глибині, має постійну температуру 32°C й за допомогою насосів викачується наверх. Далі, охолонувши до 28°C у трубопроводах, вона потрапляє до ТН у якості первинного теплоносія.

В Україні застосування ТН ще, на жаль, недостатньо поширене. Відомі такі приклади: теплонасос потужністю 40 кВт обігриває вокзал залізничної станції Південне Залютино в Харківській області та спорткомплекс у м.Охтирка. У м.Судак добувається система опалення частини міста, яка використовує геотермальну теплову енергію, працює система опалення готелю «Ялта» і кемпінгу «Поляна сказок» в АРК, більш п'яти років за допомогою ТН здійснюється тепlopостачання 23-го корпусу Київського політехнічного інституту.

Широкому поширенню ТН установок в Україні перешкоджає відсутність державної підтримки в області енергозбереження, великі капітальні витрати та відсутність достовірних знань у потенційних споживачів низькотемпературного теплоносія.

З іншого боку, на Україні, зокрема в донбаському регіоні, має місце проблема утилізації шахтних вод,

яка обумовлена впливом води, що скидається, на забруднення як водоймищ, так і екосистеми регіону в цілому. У середньому, вуглевидобувними підприємствами Донецької і Луганської областей скидається в гідрологічну мережу близько 700-780 млн. м³/рік шахтних вод (у середньому 10 м³ на тону вугілля, що видобувається).

Якщо звернутися до накопиченого вітчизняного досвіду, то в СРСР технологія утилізації тепла шахтної води із застосуванням теплових насосів уперше була розроблена й успішно впроваджена МННІІЭКО ПЕК ще в 1988 р. на шахті «Ключевская» ПО «Кизелуголь» (Пермська обл., РФ). Московським заводом «Компрессор» на базі пересувної холодильної установки ПХУ-50 було виготовлено два агрегати, призначені для роботи в режимі ТН. Уже в 1990р. ці агрегати були змонтовані в будинку компресорної станції шахти «Ключевская» для охолодження стисненого повітря та утилізації тепла оборотної води. Практичні випробування і успішна експлуатація установок підтвердили економічний ефект від утилізації теплоти шахтних скидних вод і поліпшення екологічної обстановки за рахунок зниження навантаження на котельні в прилеглих районах. При цьому значно покращилися умови охолодження компресорів і температурні режими їх експлуатації, було повністю відключено градирню. Результати вимірів показали, що на 1 кВт-годину витраченої електроенергії на привод теплового насоса було отримано 3,5 кВт-години еквівалентної теплової енергії.

Наступний приклад – шахта «Осинниковская» ВАТ «Кузнецкуголь» (Кемеровська обл., РФ), де в 2001 р. було введено в експлуатацію дослідно-промислову установку з утилізації низькопотенційної теплової енергії шахтних вод.

На початковому етапі в технологічну схему включили один тепловий насос теплопродуктивністю від 110 до 130 кВт (потужність ТН залежить від температури шахтної води). У липні 2001 р. було проведено пусконаладжувальні роботи і почато випробування. Робота технологічної схеми утилізації тепла шахтної води дозволяє одержати близько 60 м³ на добу гарячої води з температурою 45°C и повністю покрити потреби гарячого водопостачання адміністративного будинку шахти. Експериментальна експлуатація показала високі техніко-економічні та екологічні показники: зниження собівартості виробленої теплової енергії в 2,5 рази в порівнянні з теплом, одержуваним від вугільної шахтної котельні, ліквідація шкідливих викидів в атмосферу, що утворюються при спалюванні вугілля, і відсутність штрафів за ці викиди. Строк окупності склав 2 роки.

Незважаючи на серйозний економічний і екологічний ефект, сьогодні, на жаль, в українській вугільній промисловості існує ТНУ лише на одній з шахт ПАТ «ДТЭК Павлоградуголь». Однак потенційна можливість використання дешевого тепла шахтних вод, необхідність проведення досліджень у

цьому напрямку і розробки сучасних технологій уже розглядаються на державному рівні. Так, проектом державної програми «Українське вугілля» на 2010-2015 рр. одним зі способів підвищення економічної ефективності роботи підприємств вугільної промисловості передбачене впровадження на шахтах теплових насосів з використанням геотермальної енергії шахтних вод (розділ «Підвищення ефективності використання енергоресурсів»).

Зазвичай питома витрата тепла для тепlopостачання шахт коливається від 4,7 до 8,6 МВт на один мільйон тонн річної виробничої потужності підприємства, а сумарне теплове навантаження шахт на період освоєння становить 10-27 МВт, а надалі збільшується в міру розробки родовища і збільшення виробничої потужності. Таким чином, процес забезпечення теплом гірського підприємства безупинно розвивається в процесі освоєння пласту. Розподіл теплоносія по видах теплового навантаження здійснюється приблизно в наступних межах: на опалення 9÷35%; на вентиляцію 33÷84%; на гаряче водопостачання (ГВП) 7÷32%.

Виходячи з цих даних розроблена схема включення ТН за допомогою бака-акумулятора до системи шахтного водовідливу з метою відводу теплоти від шахтних скидних вод, Рис. 1.

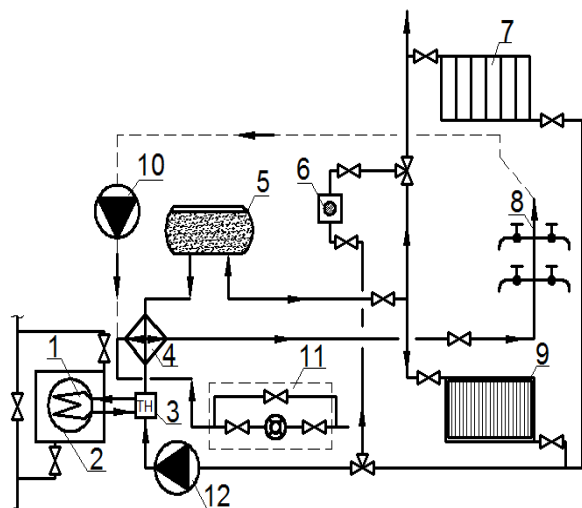


Рис. 1 Схема тепlopостачання гірничодобувного підприємства із ТН. 1 – прийомний випарник ТН; 2 – бак-акумулятор шахтної води; 3 – ТН; 4 – теплообмінник; 5 – бак-акумулятор гарячої води; 6 – піковий теплогенератор; 7 – система опалення; 8 – система ГВП; 9 – калориферні установки і теплові завіси; 10 – циркуляційний насос системи ГВП; 11 – вузол вводу госппитного водопроводу.

Шахтна вода, що відкачується на поверхню, надходить до підключеного у байпасний спосіб бака-акумулятора шахтної води, де встановлений прийомний теплообмінний контур ТН із первинним теплоносієм, що кипить при температурі шахтної води. Із ТН підігрітий вторинний теплоносіє надходить до теплообмінника, де підігріває холодну воду на потреби ГВП. Оскільки теплове навантаження змінюється залежно від температури зовнішнього повітря, а витрата води із шахти залишається

практично постійною, встановлений бак запасу гарячої води, який дозволяє акумулювати теплоносіє, що надходить на потреби ГВП і вентиляції (у тому числі калориферних установок). У якості резервного джерела теплоти може використовуватися котельне встаткування, що залишається після модернізації.

За відомою методикою, заснованою на спільному рішенні рівнянь теплового балансу установки і рівняння теплопередачі, проведені розрахунково-аналітичні дослідження теплового потенціалу шахтної води і аналіз можливого заміщення теплового навантаження шахтної котельної установки. При цьому прийнято, що в ТН використовується теплота шахтної води при її охолодженні від 12 до 7°C і витраті 65,3 кг/с (за самих несприятливих умов). Далі, в Таблиці 1, показано можливе покриття теплового навантаження для шахти з виробництвом вугілля 1,5 млн тонн на рік.

Таблиця 1

АНАЛІЗ ТЕПЛООВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ШАХТНОЇ ВОДИ

Вид теплового навантаження	Частка в загальному навантаженні	Видобуток шахти, млн. тонн на рік	Теплове навантаження, МВт	Можлива потужність ТН, МВт
Опалення	0,25	1,5	2,5	-
Вентиляція	0,65		6,5	0,4
ГВП	0,1		1,0	1,0
Разом	1		10,0	1,4

У цілому впровадження проектів тепlopостачання за рахунок використання теплоти шахтних вод допомагає досягти: підвищення безаварійності в зимових умовах за рахунок одержання додаткового тепла; запобігання зупинки вентилятора головного провітрювання, простоїв шахти та зниження обсягів видобутку вугілля; зниження витрат на реконструкцію котельні; одержання екологічно чистої теплової енергії; зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище; значного зниження вартості теплової енергії; економії паливно-енергетичних ресурсів; можливості повністю зупинити шахтну котельню в літню пору з вивільненням обслуговуючого персоналу [3].

Однак варто помітити, що впровадження таких проектів доцільно тільки при невеликій відстані від шахтного водовідливу або затопленої шахти до споживача тепла, оскільки при збільшенні довжини теплотраси будуть збільшуватися тепловтрати і без того низкопотенційного джерела теплової енергії. В Україні існує безліч невеликих шахтарських містечок з придатними параметрами. У більшості з них після закриття шахт питання забезпечення паливом становиться особливо гостро на тлі постійно зростаючих цін на бензин і дизпаливо, які входять у

вартість вугілля, що транспортується. При цьому ситуація буде тільки загострюватися, адже відповідно розробленій «Інвестиційній програмі розвитку галузі в 2011-2015 рр.», додатково планується до закриття ще чимало шахт в Донецькій та Луганській областях.

Також слід зазначити, що відкачану воду можна використовувати для потреб промисловості та населення. Водовідлив із шахт східної та північно-східної частин Донецької області можна віднести до першої групи (загальна концентрація солі 1,5-1,8 кг/м³; жорсткість 10-12 г-екв/м³). Тобто якісні показники цих вод дозволяють їх розглядати не тільки як джерело теплової енергії, але і як сировину для одержання питної води, отже стане можливим налагодити повне водо- і тепlopостачання в таких містах як Шахтарськ, Торез, Сніжне, Харцизьк, Кіровське, Красний Луч, Антрацит, Свердловськ, Ровеньки тощо [4, 5].

Дотепер в Україні розробкою теплонасосних станцій для опалення і гарячого водopостачання за рахунок утилізації тепла шахтних вод займалася інжинірингова компанія ТОВ «Клімат Комфорт». Організація з 2005 р. вела розробку проекту використання тепла скидних вод для забезпечення побутових потреб шахтарів на одній із шахт Донецької області. За словами директора компанії, проект повністю готовий, пройшов усі експертизи, однак через відсутність подальшого фінансування так і залишився тільки на папері [6].

Розв'язанням проблеми фінансування таких проектів може стати впровадження технологій з можливістю поетапного фінансування і поступового нарощування теплопродуктивності всієї станції утилізації.

Висновок

Резюмуючи викладений матеріал, можна сказати, що нерентабельність більшості українських шахт пов'язана з високою собівартістю видобутку вугілля, великими невиробничими витратами, що служить зайвою причиною погіршення і без того складної екологічної ситуації в прилеглих регіонах. При цьому досить велика частина невиробничих витрат вугільних шахт містить у собі покриття власних теплових навантажень. З кожним роком проблеми вуглевидобувної галузі тільки загострюються: устаткування котелень здебільшого є морально і фізично застарілим, у зимових умовах повітря, що подається до шахти, не прогрівається в калориферних установках до необхідної температури, внаслідок чого виникають аварійні зупинки вентиляторів головного провітрювання, які приводять до простою шахти, і як наслідок – до зниження видобутку вугілля. Для повної реконструкції котелень із уведенням в експлуатацію сучасних теплогенераторів часто не вистачає коштів, крім того, одержання теплової енергії шляхом спалювання твердого палива завдає відчутної шкоди навколишньому середовищу. Тому зовсім очевидно, що впровадження ТН, які будуть використовувати теплоту шахтних вод безумовно вигідно: вирішується

питання не тільки з якісним тепlopостачанням, але й з кондиціонуванням громадських приміщень у літній період (це питання не було розглянуто і, за умови проведення подальших досліджень, очевидно, що економія за рахунок використання автономного тепlopостачання буде говорити на користь ТН), стабілізується виробничий процес за рахунок рівномірної подачі теплоти на виробничі потреби, а також поліпшується екологічна ситуація в регіоні за рахунок скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу. Можливо застосування шахтних вод як джерела холоду в централізованих системах кондиціонування і вентиляції адміністративно-побутових приміщень теплий період року. У результаті істотного скорочення обсягу твердого палива, що спалюється на шахтних вугільних котельнях, відповідно знизяться викиди таких основних забруднюючих речовин, як оксиди азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO), низка важких металів, що виносяться разом із твердими частками та інших забруднювачів, що позитивно вплине на стан навколишнього середовища. Крім високої енергетичної ефективності та екологічної безпеки, сучасні теплові насоси мають такий рівень конструктивної міцності, що забезпечує довговічність і надійність ТНУ навіть в умовах агресивного середовища шахтних вод.

Література

- [1] Сліпець І. Ринок теплових насосів в Україні та світі [Текст] / І.В. Сліпець // Світогляд. – 2008. - №4. – с.50-51.
- [2] Галимова Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы [Текст]: учебн. Пособие / Л.В. Галимова; Астрахан. гос. тех. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 1997. – 226с. – Библиогр.: с. 125.
- [3] Фомина О. Шахтные воды могут стать недорогим источником тепловой энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.uaenergy.com.ua/>.
- [4] В.В. Кульченко, Ю.Н. Резников, В.И. Полтавец, О.А. Улицкий. Использование шахтных вод для технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения. Збірка доповідей науково-практичної конференції. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://masters.donntu.edu.ua/2003/fgtu/voznensenskaya/library/dok4.htm>
- [5] Россинский Р.М. Підземні води ліквідованих вугільних шахт. Властивості й вплив на навколишнє середовище, перспективи очистки підземних вод [Текст] / Р.М. Россинський, В.М. Россинський // Вісн. донб. нац. акад. будів. та арх. – Макіївка, 2005. – Вип. 2(50). – С.46-49.
- [6] Мацевитый Ю. Внедрение теплонасосных технологий. [Текст] / Ю.М. Мацевитый, Н.Б. Чиркин // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2008. - №3. – С.4-10.